

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



REC'D 24 NOV 2003

WIPO

PCT

Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 24 oktober 2002 onder nummer 1021738,  
ten name van:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-  
NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO**  
te Delft

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze en inrichting voor het reduceren van plooivorming bij dieptrekken",  
en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 6 november 2003

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,  
voor deze,

Mw. I.W. Scheevelenbos-de Reus

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

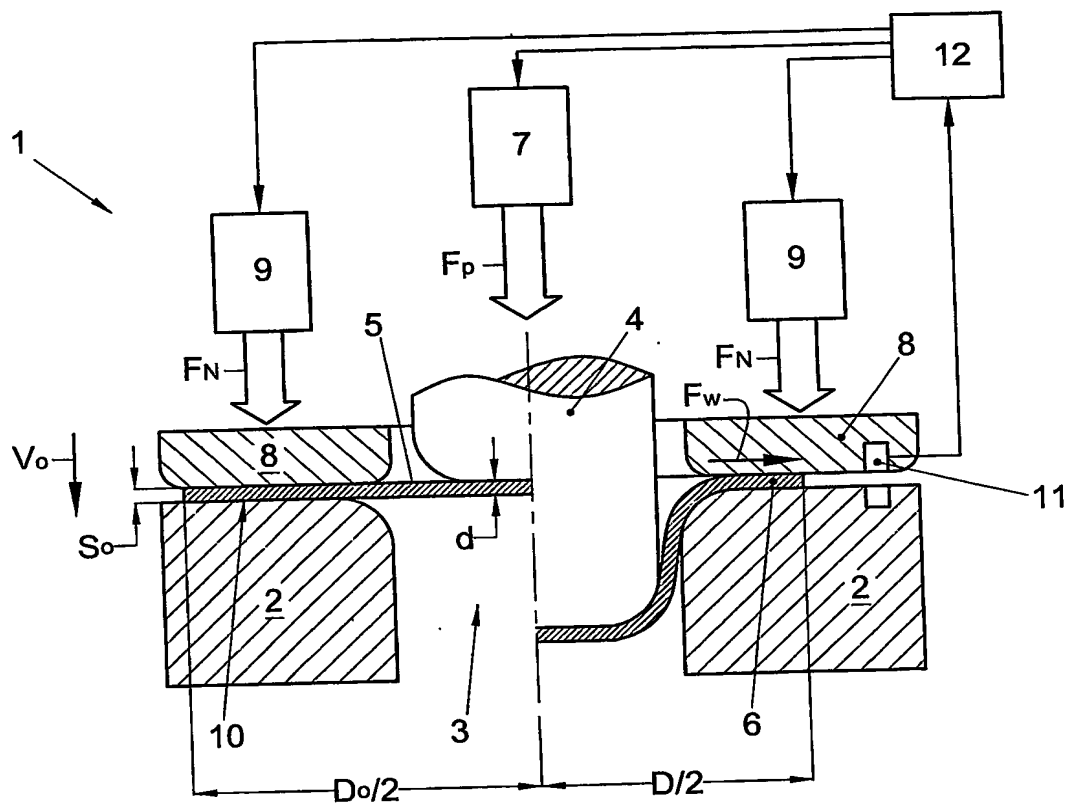
1021738

B. v.d. LE.

24 OKT. 2002

#### UITTREKSEL

Werkwijze en inrichting voor het dieptrekken van een product uit een platine, waarbij de platine tijdens het dieptrekken nabij zijn rand door een neerhouder tegen een met de neerhouder samenwerkende matrijsring wordt vastgehouden en waarbij plooivorming in de platine wordt verhinderd, althans gereduceerd, door de neerhouder bij aanvang van het dieptrekken zodanig in te stellen dat een door de neerhouder op de rand van de platine uitgeoefende neerhouderkracht relatief gering is en door de neerhouder tijdens het verdere verloop van het dieptrekproces aan te sturen op basis van een vooraf bepaald dikteverloop van genoemde rand tijdens het dieptrekken en/of een uit dit dikteverloop afgeleid verloop of kritische waarde.



1021738

B. v. I.E.

24 OKT. 2002

P61742NL00

Titel: Werkwijze en inrichting voor het reduceren van plooivorming bij dieptrekken.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het dieptrekken van producten uit een platine. Meer in het bijzonder heeft de uitvinding betrekking op een verbeterde werkwijze voor het verhinderen, althans reduceren van plooivorming in de platine tijdens het dieptrekken.

5 Tijdens dieptrekken van een platine tussen een matrijs en een daarmee samenwerkend stempel, worden de randen van de platine met behulp van een neerhouder vastgehouden tegen een met deze neerhouder samenwerkende matrijsring. Het is daarbij van belang de neerhouder zodanig in te stellen dat een op de randen van de platine uitgeoefende  
10 neerhouderkracht enerzijds voldoende groot is om plooivorming in de randen te verhinderen, doch anderzijds niet groter is dan nodig, omdat dit scheurvorming in de hand werkt en bovendien tot hoge wrijvingskrachten tussen de platine en de neerhouder en matrijsring leidt. Dergelijke wrijvingskrachten vergen een zware uitvoering van de inrichting, kosten  
15 onnodig veel energie tijdens het dieptrekken, leiden tot slijtage en verkorten de levensduur van de inrichting.

Bij de bekende werkwijzen wordt de benodigde neerhouderkracht vaak door 'trial and error' bepaald tijdens een serie proefnemingen voorafgaand aan het eigenlijke dieptrekproces. De gevonden  
20 neerhouderkracht wordt vervolgens vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor, in verband met mogelijke variaties in het uitgangsmateriaal, zoals spreiding in de dikte en samenstelling. Hierdoor is de toegepaste neerhouderkracht uiteindelijk hoger dan absoluut noodzakelijk, met alle hiervoor genoemde nadelen van dien. Bovendien  
25 kosten de proefnemingen tijd, materiaal en geld en is de uitkomst afhankelijk van het vakmanschap van degene die de proefnemingen verricht.

Uit DE 4038864 is een werkwijze bekend, waarbij de neerhouderkracht ( $F_N$ ) bij aanvang van het dieptrekken preventief zodanig hoog wordt gekozen dat deze kracht groter is dan een in de platine te verwachten tegenkracht ( $F_s$ ). Tijdens het dieptrekken wordt de  
5 neerhouderkracht geleidelijk verlaagd totdat een begin van plooivorming wordt waargenomen. Alsdan wordt de neerhouderkracht verhoogd tot boven de op dat moment in de platine verwachte tegenkracht. Dit wordt herhaald, totdat de neerhouderkracht, aan het eind van het dieptrekproces, gelijk is aan nul. De plooivorming wordt gedetecteerd met behulp van meetmiddelen  
10 die de afstand tussen de neerhouder en de matrijs meten. De nawerkbaarheid van deze publicatie ontbreekt omdat niet op voor de vakman duidelijke wijze uiteen wordt gezet hoe de te verwachten tegenkracht moet worden bepaald. Merkwaardig is bovendien dat bij het bekende voorstel de uitgeoefende neerhouderkracht afneemt terwijl, zoals  
15 hierna zal blijken, bij het voorstel volgens de uitvinding de neerhouderkracht in de loop van het proces juist toeneemt.

Ook bij deze bekende werkwijze is de neerhouderkracht derhalve hoger dan noodzakelijk, omdat deze bij aanvang van de werkwijze en telkens wanneer plooivorming optreedt wordt verhoogd tot boven de in de  
20 platine te verwachten tegenkracht. Bovendien is de hoogte van de neerhouderkracht en de goede werking daarvan sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de tegenkracht kan worden voorspeld.

De uitvinding beoogt een werkwijze te verschaffen, waarbij althans een aantal van de aan de bekende werkwijzen klevende nadelen zijn  
25 opgeheven. Daartoe wordt een werkwijze volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 1.

Bij een werkwijze volgens de uitvinding wordt de neerhouderkracht aanvankelijk relatief laag gehouden en pas opgevoerd wanneer dit nodig is, namelijk bij beginnende plooivorming. Daarbij is het van belang dat deze  
30 plooivorming in een vroeg stadium kan worden herkend. Dit wordt bij een

werkwijze volgens de uitvinding bereikt, doordat rekening wordt gehouden met het dikteverloop van de rand van de platine tijdens het dieptrekken of een van dit dikteverloop afgeleide grootheid, zoals bijvoorbeeld de snelheid van het dikteverloop. De dikte van de platinerand neemt tijdens het  
 5 dieptrekken geleidelijk toe, omdat de diameter van de platine geleidelijk afneemt en derhalve materiaal in de platinerand op een steeds kleiner oppervlak moet worden ondergebracht. Zou met deze diktetoename geen rekening worden gehouden, dan zou elke diktetoename als beginnende plooivorming worden gezien en de neerhouder ten onrechte worden  
 10 aangestuurd, waarbij niet alleen plooien maar ook genoemde diktetoename zou worden onderdrukt, hetgeen leidt tot een onnodig hoge neerhouderkracht.

Bij een werkwijze volgens de uitvinding wordt de neerhouderkracht tijdens het dieptrekken geleidelijk verhoogd vanaf een relatief lage waarde  
 15 in plaats van verlaagd vanaf een preventief hoge waarde. Hierdoor zal de neerhouderkracht steeds een zo laag mogelijke waarde hebben, resulterend in lage wrijvingskrachten tussen de inrichting en de platine. De inrichting kan hierdoor met relatief lage krachten en relatief weinig energie worden bediend en daardoor relatief licht worden uitgevoerd. Bovendien zal bij  
 20 dergelijke lage krachten de kans op scheuren van de platine minimaal zijn. Hierdoor kunnen minder strenge eisen worden gesteld aan het uitgangsmateriaal ten aanzien van bijvoorbeeld de homogeniteit van het materiaal, het aantal imperfecties in het materiaalrooster per volume-eenheid en diktevariaties in de platine. Aldus kan met kwalitatief minder  
 25 uitgangsmateriaal en navenant lagere materiaalkosten toch een kwalitatief goed eindproduct worden gerealiseerd. Bovendien neemt hierdoor de vrijheid in toe te passen materialen toe, waardoor eenvoudiger met nieuwe materialen kan worden gewerkt.

Nog een voordeel ten opzichte van de bekende werkwijzen is dat  
 30 een in de platine te verwachten tegenkracht niet voorafgaand aan het

dieptrekken hoeft te worden bepaald. Evenmin hoeven tijdrovende en kostbare testen te worden uitgevoerd om een geschikte aanvangsneerhouderkracht te bepalen, hetgeen met name voor relatief kleine productseries van groot voordeel is.

5           Uit testen van aanvrager is gebleken dat wanneer tijdens het dieptrekken plooivorming in de rand van de platine op hiervoor beschreven wijze wordt verhinderd, hierdoor zowel plooien in de flens van het diepgetrokken eindproduct (zogenaamde primaire plooien) als plooien in de wand van het diepgetrokken eindproduct (zogenaamde secundaire plooien) 10 effectief kunnen worden voorkomen. Onder de 'rand van de platine' wordt in deze beschrijving verstaan het deel van de platine dat zich tussen de neerhouder en de matrijsring bevindt.

In een eerste voorkeursuitvoeringsvorm wordt een werkwijze volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 2.

15           Bij deze uitvoeringsvorm wordt een voor plooivorming relevante parameter gemeten en wordt de neerhouderkracht verhoogd, wanneer deze gemeten parameter een vooraf bepaald kritisch traject of kritische waarde overschrijdt, welk traject of welke waarde is gebaseerd op, althans rekening houdt met de hiervoor besproken diktetoename van de platine, of een van 20 deze diktetoename afgeleide grootte.

De neerhouderkracht kan stapsgewijs worden verhoogd, met een vooraf ingestelde stapgrootte, doch kan bijvoorbeeld ook door middel van op zichzelf bekende regelalgoritmes, zoals bijvoorbeeld een proportioneel, integrerend en/of differentiërend werkende regeling, naar een gewenste 25 waarde worden geregeld, waarbij de gemeten parameter zich weer onder de genoemde kritische grootheden (traject of waarde) bevindt.

In een nadere uitwerking van de eerste voorkeursuitvoeringsvorm wordt een werkwijze volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 3.

De voor plooivorming relevante parameter kan bijvoorbeeld de neerhouderopening zijn, gedefinieerd als de loodrechte afstand tussen de neerhouder en de matrijsring. In dat geval kan het dikteverloop of de maximale diktetoename van de platinerand als kritische traject, respectievelijk kritische waarde worden ingevoerd. Immers, wanneer de neerhouderopening tijdens het dieptrekken groter wordt dan de momentane dikte, of de uiteindelijke maximale dikte van de platinerand, dan duidt dit op plooivorming. Het dikteverloop kan theoretisch worden bepaald, met behulp van geschikte simulatie programma's, doch kan ook eenmalig, voorafgaand aan het dieptrekken van een nieuwe serie producten worden gemeten. Daartoe wordt een constante neerhouderkracht ingesteld, waarbij plooi- noch scheurvorming optreedt en wordt tijdens het dieptrekken de neerhouderopening gemeten. Aangezien er geen plooivorming optreedt, mag worden aangenomen dat de gemeten neerhouderopening in hoofdzaak gelijk is aan de diktetoename van de platine. Daarbij is aangenomen dat de gemeten diktetoename onafhankelijk is van de ingestelde neerhouderkracht, of althans dat de invloed van de hoogte van de neerhouderkracht op de gemeten diktetoename verwaarloosbaar klein is, binnen het voor de onderhavige toepassing van belang zijnde werkgebied van de neerhouderkracht.

In een verdere uitwerking van de eerste voorkeursuitvoeringsvorm wordt een werkwijze volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 4.

In plaats van of naast de neerhouderopening kan ook de snelheid waarmee deze opening verandert als kritische grootheid fungeren. Ook deze snelheid kan door simulatie of een proefmeting, op de hiervoor beschreven wijze, worden bepaald. Daarbij kan het snelheidsverloop als kritisch traject of een tijdens dit verloop hoogst gemeten snelheidswaarde als kritische waarde fungeren. Het neerhouderopeningssnelheidsverloop is gevoeliger dan



het neerhouderopeningverloop, waardoor plooivorming in een nog eerder stadium kan worden herkend.

Uiteraard kunnen beide signalen, het neerhouderopeningverloop en het neerhouderopeningssnelheidverloop, ook naast elkaar worden  
5 gebruikt, waarbij de kritische waarde, respectievelijk het kritische traject dat als eerste wordt overschreden maatgevend is voor de aansturing van de neerhouder.

In een tweede voorkeursuitvoeringsvorm wordt een werkwijze volgens de uitvinding gekenmerkt door de maatregelen volgens conclusie 7.

10 Bij deze werkwijze wordt niet de neerhouderkracht maar de neerhouderpositie geregeld, gebaseerd op een vooraf bepaald dikteverloop van de platine. Dit dikteverloop kan, op eenzelfde wijze als hiervoor besproken, worden gesimuleerd of gemeten. Op grond van dit dikteverloop kan de neerhouder tijdens het dieptrekken steeds zodanig worden ingesteld,  
15 dat de neerhouderopening in hoofdzaak gelijk is aan de vooraf bepaalde, momentane dikte van de platine. Een dergelijke werkwijze volgens de uitvinding biedt het voordeel dat tijdens het dieptrekken de neerhouderopening en -snelheid niet gemeten en vergeleken hoeven te worden met een vooraf bepaalde kritische waarde. Bovendien zal ook bij  
20 deze uitvoeringsvorm de neerhouderkracht minimaal zijn, althans niet groter dan nodig, met alle hiervoor genoemde voordelen van dien.

Uiteraard is ook een combinatievorm van beide voorkeursuitvoeringsvormen volgens de uitvinding mogelijk, waarbij primair de positie van de neerhouder wordt geregeld op grond van een  
25 vooraf bepaald dikteverloop van de platine en secundair het neerhouderopeningverloop en/of het neerhouderopeningssnelheidverloop worden gemeten zodat, wanneer het vooraf bepaalde dikteverloop niet geheel overeenkomt met het werkelijke dikteverloop (bijvoorbeeld wegens variaties in het uitgangsmateriaal of hysteresis in de neerhouderbeweging)  
30 corrigerend kan worden opgetreden door de neerhouderkracht te verhogen.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een inrichting voor het dieptrekken van een product uit een platine, geschikt voor toepassing van een werkwijze volgens de uitvinding.

In de verdere volgconclusies worden nadere voordelige uitvoeringsvormen van een werkwijze en inrichting volgens de uitvinding beschreven.

Ter verduidelijking van de uitvinding zal een uitvoeringsvoorbeeld van een dieptrekinrichting en een werkwijze volgens de uitvinding nader worden toegelicht aan de hand van de tekening. Daarin toont:

Fig. 1 schematisch een dieptrekinrichting volgens de uitvinding;

Fig. 2 een diagram waarin schematisch het verloop van de onder- en bovengrens van de toelaatbare neerhouderkracht zijn uitgezet als functie van de dieptrekratio;

Fig. 3 een testmeting met een neerhouderkracht, voor het bepalen van een kritische waarde en/of traject waarbij plooivorming optreedt;

Fig. 4 een meting waarin de neerhouderopening en de neerhouderkracht zijn uitgezet tegen de tijd, met en zonder regeling volgens de uitvinding;

Fig. 5A een simulatie van het snelheidsverloop van de neerhouderopening ( $v_o$ ) tijdens het dieptrekken;

Fig. 5B een simulatie van de neerhouderkracht ( $F_N$ ), geregeld op basis van de snelheid uit figuur 5A;

Fig. 6 een foto van een diepgetrokken product, met en zonder regeling volgens de uitvinding; en

Fig. 7 een diepgetrokken product met primaire en secundaire plooiën.

Figuur 1 toont een inrichting 1 voor het dieptrekken van producten, waarmee plooivorming in die producten kan worden gereduceerd en bij voorkeur geheel worden onderdrukt. In deze beschrijving wordt onder plooivorming verstaan de vorming van zowel primaire plooiën 21 in een

flens 6 van het diepgetrokken product 15, als secundaire plooien 22 in wanddelen 25 van het product 15, als geïllustreerd in figuur 7. De inrichting en werkwijze volgens de uitvinding richt zich op het onderdrukken van beide typen plooien.

5 De inrichting 1 omvat een matrijs 2 voorzien van een matrijsopening 3 en een boven deze matrijsopening 3 opgestelde stempel 4. Deze stempel 4 kan met behulp van geschikte positioneermiddelen 7 tot in de opening 3 worden bewogen, als getoond in figuur 1 ter rechter zijde. Daarbij wordt een over de opening 3 geplaatste platine 5 van  
10 uitgangsmateriaal in de opening 3 gedwongen en tussen de wanden van deze opening 3 en de stempel 4 vervormd tot een gewenst eindproduct 15. Zoals blijkt uit vergelijking van de linker en rechter helft van figuur 1, neemt tijdens dit dieptrekken de uitgangsdiameter  $D_0$  van de platine 5 geleidelijk af, hetgeen gepaard gaat met een toename in de dikte  $d$  van de  
15 rand 6 en voorts tot plooivorming kan leiden.

Teneinde te verhinderen dat de rand 6 tijdens het dieptrekken plooit en omhoog komt is rond de stempel 4 een ringvormige neerhouder 8 opgesteld, welke met geschikte positioneermiddelen 9 richting een zich rond de matrijsopening 3 uitstrekkende matrijsring 10 kan worden bewogen  
20 onder inklemming van de rand 6 van de platine 5. Daarbij zal een door de neerhouder 8 op de rand 6 uitgeoefende neerhouderkracht  $F_N$  toenemen naarmate de neerhouderopening  $s_0$ , gedefinieerd als de loodrechte afstand tussen de neerhouder 8 en de matrijsring 10, toeneemt.

De neerhouderkracht  $F_N$  dient tijdens het dieptrekken tussen twee  
25 uiterste grenzen, een ondergrens  $F_{N,min}$  en een bovengrens  $F_{N,max}$ , te blijven. Deze grenzen zijn in figuur 2 grafisch weergegeven, als functie van de dieptrekratio. Wanneer de neerhouderkracht  $F_N$  onder de minimumgrens  $F_{N,min}$  komt zullen plooien in het product ontstaan, terwijl bij overschrijding van de maximumgrens  $F_{N,max}$  scheuren in het product 15 zullen ontstaan. In  
30 de praktijk wordt de neerhouderkracht  $F_N$  daarom op een 'veilige' afstand

tussen beide grenzen ingesteld, zodat een zekere veiligheidsmarge aanwezig is, in verband met mogelijke spreiding in het uitgangsmateriaal (samenstelling, dikte, etc).

Bij een werkwijze volgens de uitvinding wordt de neerhouderkracht  $F_N$  daarentegen juist zo dicht mogelijk tegen de ondergrens  $F_{N,min}$  gehouden. Hierdoor zal de kans op scheurvorming tot een minimum zijn beperkt. Bovendien zullen hierdoor wrijvingskrachten  $F_w$  die tijdens het dieptrekken tussen de platine 5 en de neerhouder 8 en de matrijsring 10 optreden, eveneens beperkt zijn, aangezien deze wrijvingskrachten evenredig zijn met de neerhouderkracht  $F_N$ . Lagere wrijvingskrachten zorgen ervoor dat met minder smeermiddel kan worden volstaan, dat het dieptrekproces onder lagere krachten, met minder arbeid kan plaatsvinden en dat de gehele opstelling lichter kan worden uitgevoerd.

Teneinde de neerhouderkracht  $F_N$  zo laag mogelijk te houden, wordt deze volgens de uitvinding bij aanvang van het dieptrekken op een lage waarde ingesteld en pas verhoogd wanneer plooivorming optreedt. Alsdan wordt de neerhouderkracht verhoogd tot een waarde die nodig is om de gedetecteerde plooiën te onderdrukken. Aldus zal de neerhouderkracht  $F_N$  steeds niet groter zijn dan nodig om de momentane plooivorming te onderdrukken.

Voor het goed functioneren van deze werkwijze is van belang plooivorming in een vroeg stadium te kunnen detecteren. Gebleken is dat zowel het neerhouderopeningverloop  $s_o$  als de afgeleide daarvan in de tijd, het neerhouderopeningssnelheidverloop  $v_o$ , daarvoor bruikbare meetsignalen zijn. Voor deze signalen,  $s_o$  en  $v_o$ , kan op nog nader te beschrijven wijze een kritische waarde worden bepaald, bij overschrijding waarvan sprake is van plooivorming.

De dieptrekinrichting 1 van figuur 1 is daarom voorzien van meetmiddelen 11 waarmee genoemd neerhouderopeningverloop  $s_o$  en/of neerhouderopeningssnelheidverloop  $v_o$  kunnen worden gemeten. Deze

meetmiddelen 11 kunnen bijvoorbeeld een optische, capacitieve of magnetische sensor omvatten. De meetmiddelen 11 zijn aangesloten op een besturing 12, welke van middelen is voorzien om de meetsignalen te vergelijken met een voor die signalen ingestelde kritische waarde of kritisch traject en welke besturing 12 voorts is ingericht om bij overschrijding van genoemde kritische grootheden de neerhouder 8 richting de matrijs 2 te verplaatsen met behulp van de positioneermiddelen 9. Deze positioneermiddelen 9 kunnen bijvoorbeeld een zuigercilindersamenstel omvatten, een elektrisch aangedreven schroefspindel, een piëzo-elektrisch element of dergelijke.

De kritische waarden kunnen voorafgaand aan het dieptrekken van een nieuwe productserie tijdens een proefmeting worden bepaald, door tijdens deze proef het neerhouderopeningverloop  $s_0$  te meten als weergegeven in figuur (3). Duidelijk is te zien dat de neerhouderopening  $s_0$  aanvankelijk een in hoofdzaak constante waarde heeft (traject I-II) en vervolgens geleidelijk toeneemt met een constante helling (traject II-III) corresponderend met een constante neerhouderopeningssnelheid  $v_0$ . Vanaf punt III vertoont het gemeten neerhouderopeningverloop  $s_0$  een knik en neemt dit verloop sneller toe, hetgeen op plooivorming P duidt. Op grond van deze meting kan derhalve het traject I-III als het gezochte kritische neerhouderopeningstraject in de besturing 12 worden geïmplementeerd. In plaats daarvan kan ook knikpunt III als kritische neerhouderopeningwaarde worden ingevoerd. Wanneer nu een tijdens het dieptrekken gemeten neerhouderopeningverloop  $s_0$  het kritische traject of de kritische waarde overschrijdt, dan is de diktetoenname groter dan op grond van de proefmeting mag worden verwacht, hetgeen duidt op plooivorming.

In een enigszins gemodificeerde variant op de hierboven beschreven werkwijze om de kritische waarden te bepalen, kan de dieptrekproefmeting ook worden uitgevoerd met een zodanig hoge neerhouderkracht  $F_N$  dat plooi- noch scheurvorming zal optreden. Hierdoor

mag er vanuit worden gegaan dat een tijdens deze proef gemeten  
 neerhouderopeningverloop  $s_0$  volledig correspondeert met de diktetoename  
 van de rand 6 van de platine 5. Dit gemeten neerhouderopeningverloop kan  
 derhalve als kritisch traject in de besturing 12 worden geïmplementeerd. In  
 5 plaats daarvan kan ook de maximaal gemeten diktetoename als kritische  
 waarde worden ingevoerd.

Op vergelijkbare wijze kan tijdens genoemde proefmeting naast of  
 in plaats van de neerhouderopening ook de snelheid  $v_0$  worden gemeten  
 waarmee deze neerhouderopening verandert. Dit gemeten snelheidsverloop  
 10 of een tijdens deze meting hoogst gemeten snelheidswaarde kunnen als  
 kritische traject, respectievelijk kritische waarde voor het  
 neerhouderopeningssnelheidsverloop worden ingevoerd in de besturing 12.

Wanneer een tijdens het dieptrekken gemeten  
 neerhouderopeningssnelheid  $v_0$  boven dit kritische traject of deze kritische  
 15 waarde komt, wijst dit op plooivorming, aangezien de neerhouderopening  
 sneller toeneemt dan op grond van de normale diktetoename mag worden  
 verwacht.

Overigens zij er op gewezen dat het kritische snelheidswaarde ook  
 kan worden bepaald door de helling van traject II-III in figuur 3 te bepalen.

20        Figuur 4 toont een meting van de neerhouderopening  $s_0$  en de  
 neerhouderkracht  $F_N$  in de tijd, waarbij de dungetrokken lijnen het verloop  
 weergeven zonder regeling volgens de uitvinding, terwijl de dikgetrokken  
 lijnen het verloop weergeven wanneer de neerhouderkracht  $F_N$  wordt  
 aangestuurd op grond van de in figuur 3 bepaalde kritische  
 25 neerhouderopening. Duidelijk is te zien, dat de neerhouderkracht  $F_N$  vanaf  
 de in figuur 3 bepaalde kritische waarde (knikpunt III) stapsgewijs wordt  
 verhoogd en aldus plooivorming (zie dungetrokken  $s_0$ -lijn) effectief  
 onderdrukt (zie dikgetrokken  $s_0$ -lijn).

Uit figuur 4 blijkt voorts duidelijk, dat de neerhouderkracht  
 30 aanvankelijk relatief laag begint en pas wordt verhoogd wanneer dit

daadwerkelijk nodig is. De kracht kan stapsgewijs worden verhoogd, met vooraf bepaalde stapgrootte of proportioneel met de gemeten afwijking worden verhoogd. Ook andere op zichzelf bekende regeltechnieken zijn mogelijk, waarbij bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van integrerende en/of differentiërende acties. Ook kan de inrichting zijn voorzien van een zelflerende regeling, waarbij de stapgrootte van de kracht  $F_N$  initieel door een operator wordt ingesteld en de regeling zelf deze waarde in de loop van het proces aanpast, op grond van teruggekoppelde meetgegevens.

In figuur 5A,B is een simulatie getoond, waarbij de neerhouderkracht is geregeld op grond van de gemeten openingssnelheid  $v_o$  en een vooraf op hiervoor beschreven wijze bepaalde kritische snelheidswaarde, welke in het getoonde geval ongeveer  $1 \times 10^{-4}$  bedroeg. Duidelijk is te zien, hoe de neerhouderkracht  $F_N$  stapsgewijs wordt verhoogd, telkens wanneer de neerhouderopeningssnelheid boven de kritische waarde komt. Tevens is te zien dat de toename van de neerhouderkracht  $F_N$  groter is naarmate de overschrijding van de kritische waarde groter is.

Figuur 6 toont ter linker zijde een flens 6' van een product 15', vervaardigd met een conventionele dieptrekmethode (zie de dungetrokken lijnen in figuur 4), terwijl daarnaast, ter rechter zijde, een product 15 is getoond dat is vervaardigd met een werkwijze volgens de uitvinding (zie de dikgetrokken lijnen in figuur 4). Duidelijk blijkt dat het product volgens de onderhavige werkwijze nagenoeg geen plooien heeft.

Het zal duidelijk zijn dat de kritische waarden voor de neerhouderopening en de openingssnelheid afhangen van het uitgangsmateriaal en het gewenste eindproduct. Deze waarden worden daarom bij voorkeur voorafgaand aan iedere nieuwe productserie opnieuw bepaald. Dit kan door middel van een proefmeting, zoals hierboven beschreven. Bij voldoende materiaal- en procesgegevens, kunnen deze waarden ook met behulp van op zichzelf bekende softwarepakketten worden

gesimuleerd, waardoor helemaal geen testmetingen meer hoeven te worden verricht.

In een alternatieve uitvoeringsvorm van een werkwijze volgens de uitvinding, wordt niet de neerhouderkracht geregeld op grond van een  
5 gemeten begin van plooivorming (terugkoppel regeling), doch wordt de positie van de neerhouder en daarmee de neerhouderopening geregeld volgens een vooraf bepaald traject, zodanig dat genoemde neerhouderopening overeenkomt met het te verwachten dikteverloop van de platine 5 (voorwaarts regeling). Daarbij kan het te verwachten dikteverloop  
10 op eenzelfde manier zijn bepaald als hiervoor beschreven aan de hand van fig. 3. Een dergelijke voorwaarts regeling heeft het voordeel dat tijdens het dieptrekken zelf geen neerhouderopening of snelheid hoeven te worden gemeten, zodat met een zeer eenvoudige inrichting, zonder meetmiddelen en zonder geavanceerde besturing kan worden volstaan.

15 De uitvinding is geenszins beperkt tot de in de beschrijving en de tekening getoonde uitvoeringsvoorbeelden. Vele variaties daarop zijn mogelijk binnen het door de conclusies geschetste raam van de uitvinding.

Zo kan het dieptrekken afhankelijk van onder andere de afstand waarover wordt diepgetrokken en de dikte van de uitgangsplatine, in één of  
20 meerdere stappen plaatsvinden. Voorts kunnen de voorwaartse positieregeling en teruggekoppelde krachtregeling worden gecombineerd, waarbij de krachtregeling corrigerend op de positieregeling kan werken.

Deze en vele variaties worden geacht binnen het door de conclusies geschetste raam van de uitvinding te vallen.



## CONCLUSIES

1.       Werkwijze voor het dieptrekken van een product uit een platine, waarbij de platine tijdens het dieptrekken nabij zijn rand door een neerhouder tegen een met de neerhouder samenwerkende matrijsring wordt vastgehouden, waarbij plooivorming in de platine wordt verhinderd, althans  
5       gereduceerd, door aansturing van de neerhouder, met het kenmerk dat de neerhouder (8) bij aanvang van het dieptrekken zodanig wordt ingesteld dat een door de neerhouder (8) op de rand (6) van de platine (5) uitgeoefende neerhouderkracht ( $F_N$ ) relatief gering is en de verdere aansturing van de neerhouder (3) geschiedt op basis van een vooraf bepaald dikteverloop van  
10       genoemde rand (6) tijdens het dieptrekken en/of een uit dit dikteverloop afgeleid verloop of kritische waarde.
2.       Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat tijdens het dieptrekken een voor de plooivorming relevante parameter wordt gemeten en vergeleken met een kritische waarde waarbij plooivorming optreedt,  
15       welke kritische waarde vooraf is bepaald, gebaseerd op het dikteverloop van de platinerand (6) en/of een van dit dikteverloop afgeleid signaal, en waarbij, wanneer de gemeten parameter deze kritische waarde overschrijdt of dreigt te overschrijden de neerhouder (8) zodanig wordt aangestuurd, dat een door de neerhouder (8) op de rand (6) uitgeoefende neerhouderkracht  
20       ( $F_N$ ) toeneemt en de gemeten parameter onder de kritische waarde komt.
3.       Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de voor plooivorming relevante parameter de neerhouderopening ( $s_0$ ) is, gedefinieerd als de loodrechte afstand tussen de neerhouder (8) en de matrijsring (10), en de kritische waarde het vooraf bepaalde dikteverloop of de vooraf bepaalde  
25       maximale diktetoename is van de rand (6).
4.       Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de voor plooivorming relevante parameter de snelheid ( $v_0$ ) is waarmee de

neerhouderopening verandert, en de kritische waarde het vooraf bepaalde snelheidsverloop of de vooraf bepaalde maximale snelheid is waarmee de platinerand tijdens het dieptrekken in dikte toeneemt.

5.       Werkwijze volgens een van de conclusies 2-4, met het kenmerk, dat  
5 de kritische waarde wordt gemeten tijdens een proefsessie, voorafgaand aan het dieptrekken.

6.       Werkwijze volgens een van de conclusies 2-4, met het kenmerk, dat de kritische waarde wordt gesimuleerd met behulp van een dynamisch model van de platine (5) en het dieptrekproces.

10 7.       Werkwijze volgens conclusie 1, waarbij de positie van de neerhouder (8) wordt gestuurd volgens een vooraf bepaald traject, zodanig dat de neerhouderopening ( $s_0$ ), gedefinieerd als de loodrechte afstand tussen de neerhouder (8) en de matrijsring (10), tijdens het dieptrekken in hoofdzaak overeenkomt met een vooraf bepaald, tijdens het dieptrekken te  
15 verwachten dikteverloop van de rand (6).

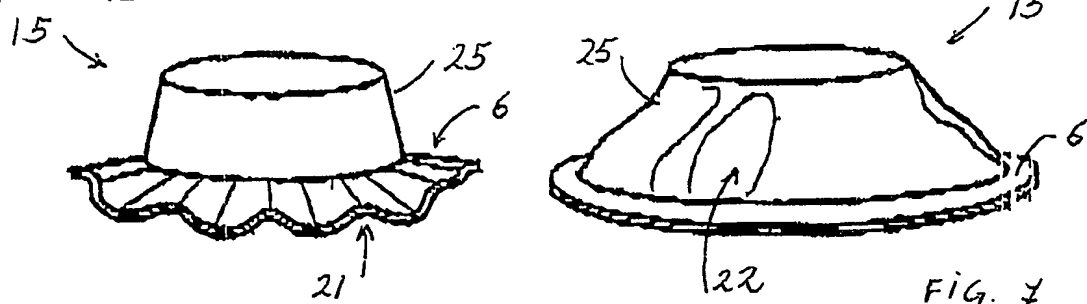
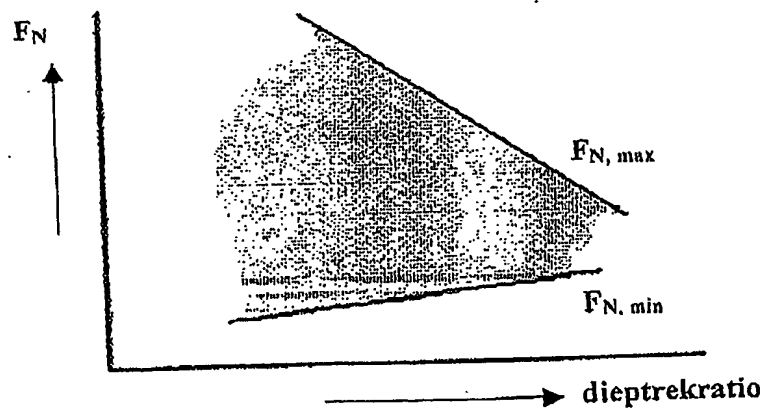
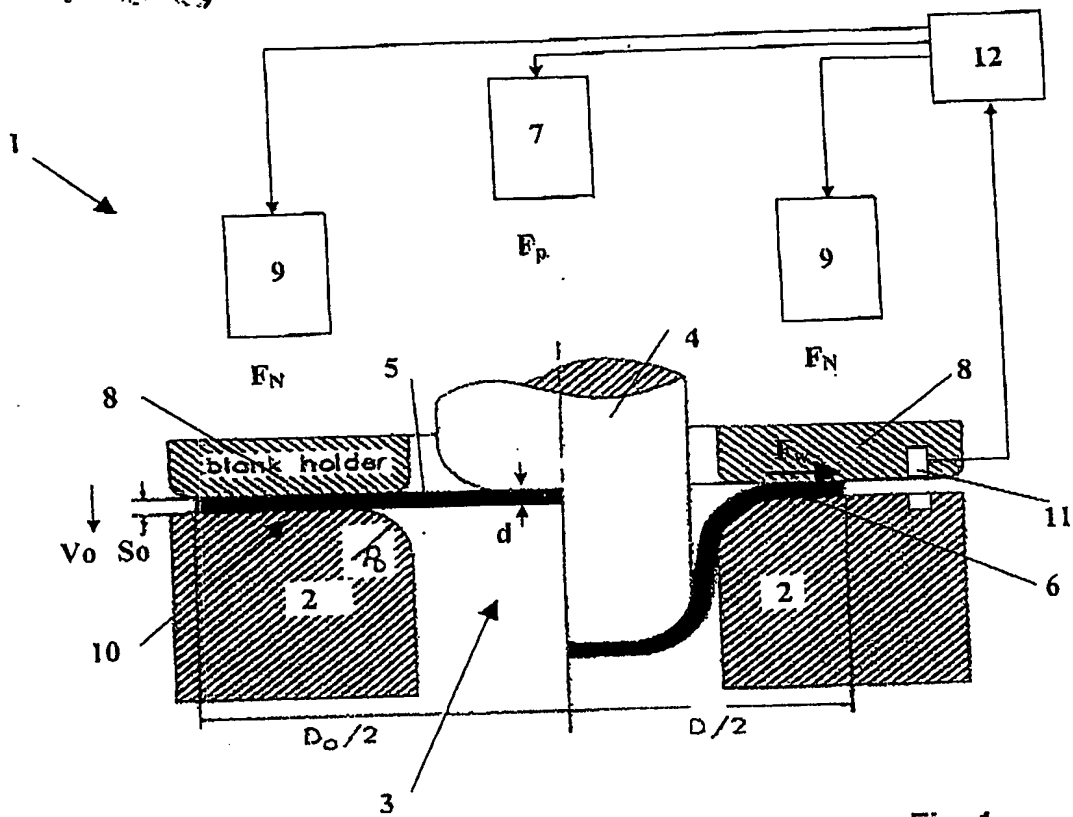
8.       Inrichting voor het dieptrekken van een product uit een platine (5), omvattende een neerhouder (8), een daarmee samenwerkende matrijsring (10) voor het vasthouden van een rand (6) van de platine (5) tijdens het dieptrekken, een besturing (12) voorzien van middelen voor het daarin  
20 opslaan van een gewenst neerhouderopeningverloop ( $s_0$ ), neerhouderopeningssnelheidverloop ( $v_0$ ) en/of een daaruit afgeleide kritische waarde, en positioneermiddelen (9) voor het verplaatsen van de neerhouder (8), waarbij de besturing (12) is ingericht voor het zodanig aansturen van de positioneermiddelen (9) dat de verplaatsing van de neerhouder (8) in  
25 overeenstemming is met het opgeslagen neerhouderopeningverloop ( $s_0$ ), neerhouderopeningssnelheidverloop ( $v_0$ ) en/of een daaruit afgeleide kritische waarde.

9.       Inrichting volgens conclusie 8, waarbij de besturing (12) is ingericht voor het zodanig aansturen van de positioneermiddelen (9) dat een  
30 afstand tussen de neerhouder (8) en de matrijsring (10) in overeenstemming

is met het opgeslagen neerhouderopeningverloop ( $s_0$ ) of een daaruit afgeleide kritische waarde.

10. Inrichting volgens conclusie 8 of 9, waarbij meetmiddelen (11) zijn voorzien voor het meten van het neerhouderopeningverloop ( $s_0$ ), het
- 5 neerhouderopeningssnelheidverloop ( $v_0$ ) en/of een daaruit afgeleide kritische waarde en waarbij de besturing (12) middelen omvat voor het vergelijken van met de meetmiddelen (11) gemeten signalen met een in de besturing (12) opgeslagen neerhouderopeningverloop ( $s_0$ ),
- 10 neerhouderopeningssnelheidverloop ( $v_0$ ) en/of een daaruit afgeleide kritische waarde, en waarbij de besturing (12) is ingericht om op grond daarvan de neerhouder (8) zodanig aan te sturen dat de verplaatsing, snelheid of daaruit afgeleide kritische waarde van de neerhouder (8) in overeenstemming is met het opgeslagen neerhouderopeningverloop, neerhouderopeningssnelheidverloop en/of de daaruit afgeleide kritische
- 15 waarde.

11. Inrichting volgens een van de conclusies 8-10, met het kenmerk, dat de meetmiddelen (11) een contactloze sensor omvatten, bijvoorbeeld een optische, capacitieve of magnetische sensor.



BEST AVAILABLE COPY

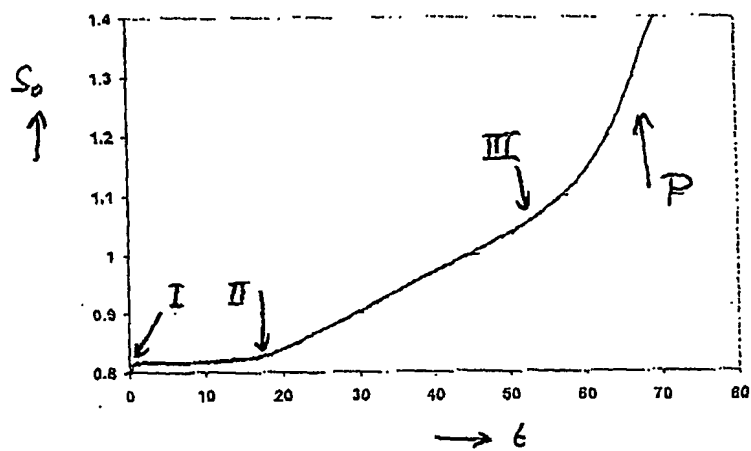


FIG. 3

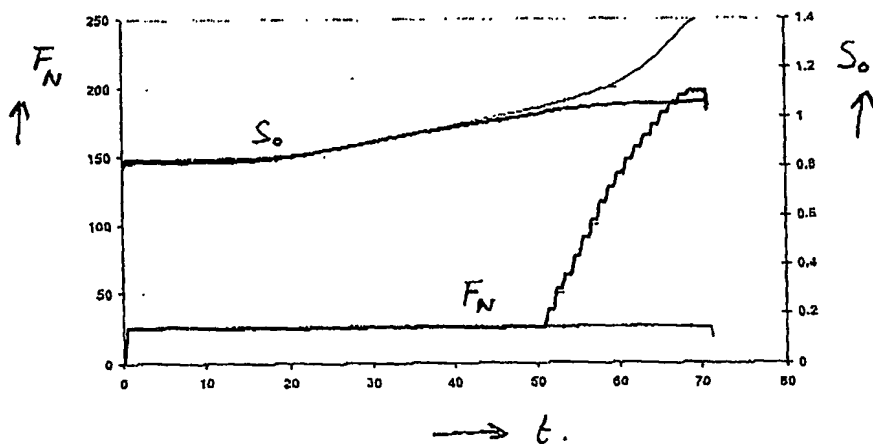


FIG. 4

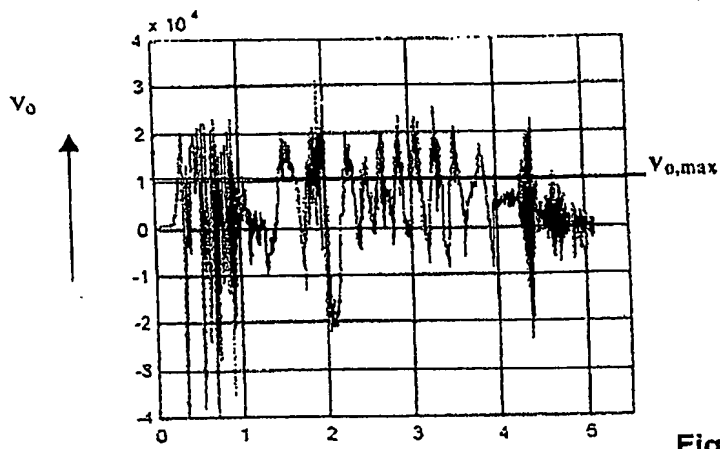


Fig. 5A

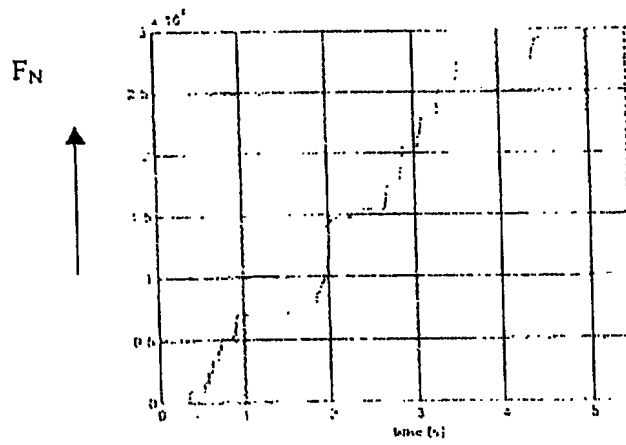


Fig. 5B

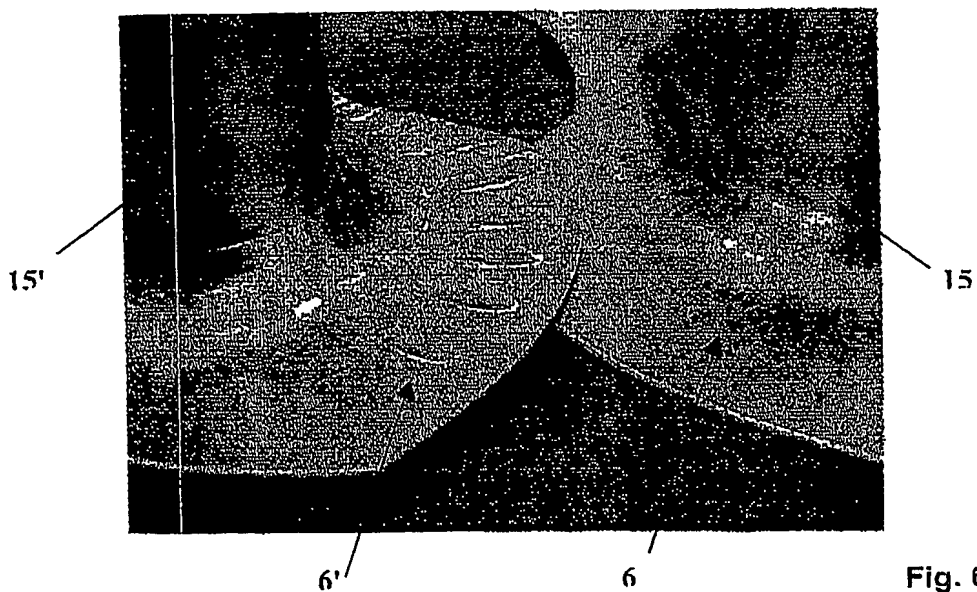


Fig. 6